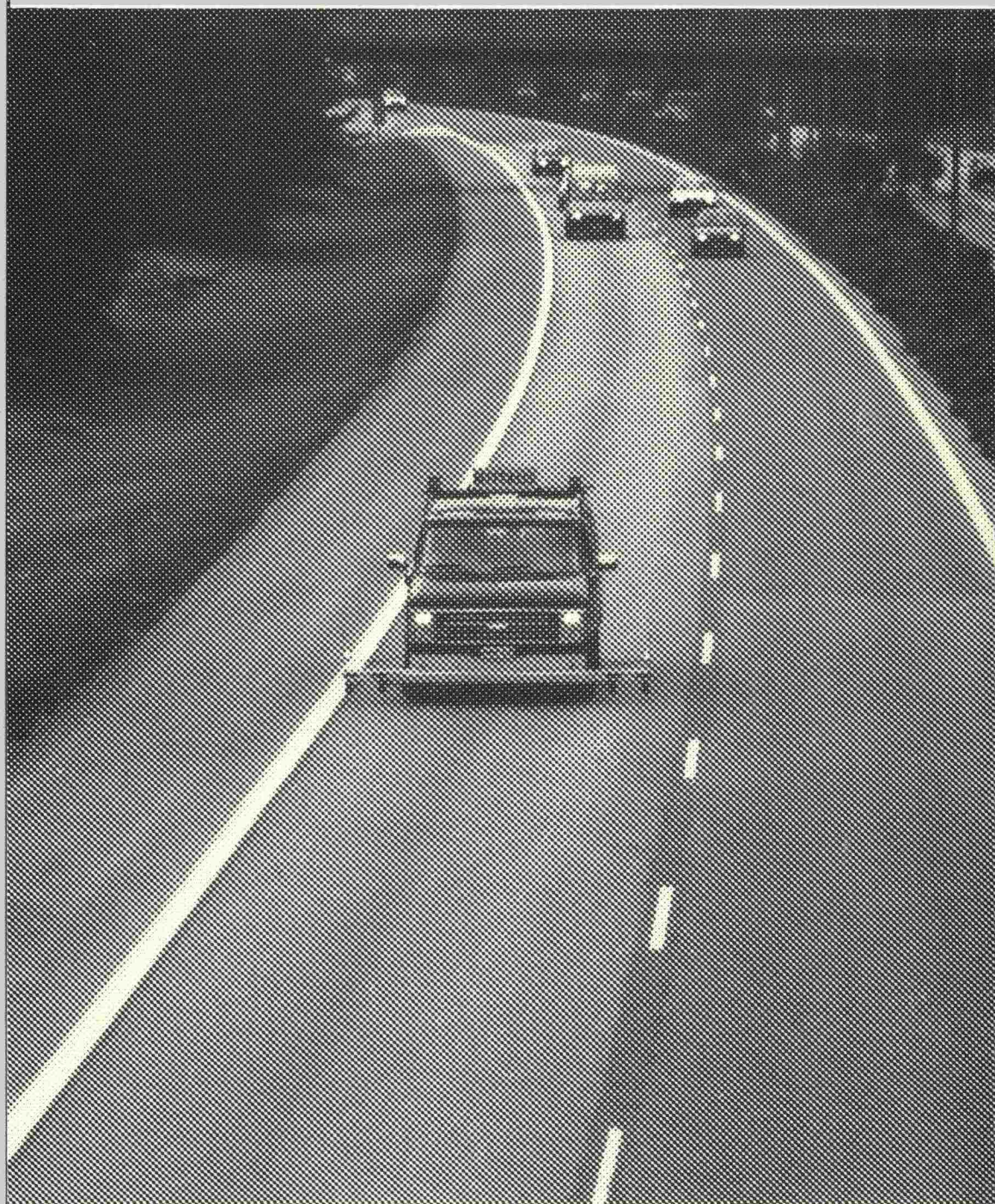




Tielaitos

Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1990



**Tielaitoksen
selvityksiä**

8/1991

Helsinki 1991

Tiehallitus

Tielaitoksen selvityksiä
8/1991

**Palvelutasomittareiden
vertailumittaukset 1990**

Tielaitos

Tiehallitus, Tuotannon kehittämisspalvelut

Helsinki 1991

ISBN 951-47-4343-1
ISSN 0788-3722
TIEL 3200008
Valtion painatuskeskus
Helsinki 1991

Julkaisua myy
Tiehallitus, lomakevarasto

Tielaitos
Tiehallitus
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 1541

TIIVISTELMÄ

Tielaitoksessa on käytetty erilaisia palvelutasomittareita teiden kunnon mittaamiseen vuodesta 1987 alkaen. Palvelutasomittarit on pyritty rakentamaan siten, että niiden antamat tulokset ovat keskenään yhteismitallisia.

Edellisen vertailututkimuksen tulokset antoivat viitteitä sille, että eri autojen mittaustulosten yhteismitallisuus ja toistettavuus eivät välttämättä ole kunnossa. Käytössä on lisäksi uusia palvelutasomittareita ja uusia ohjelmia (mm. OIKO-ohjelma uusien päällysteiden laadunvalvontaan). Nämä tekijät ovat antaneet aiheita tämän tutkimuksen tekemiselle. Tavoitteena on selvittää nykyisin käytössä olevien palvelutasomittareiden antamien tulosten sisäistä ja ulkoista luotettavuutta (reliabiliteetti ja validiteetti).

Tiehallituksen käytössä on tällä hetkellä 4 palvelutasomittaria. Tutkimusta varten näillä autoilla mitattiin noin 120 kilometrin reitti päällystettyjä teitä kahteen kertaan sekä kolme muuta osuutta OIKO-ohjelman ja tarkkojen mittausten tutkimista varten. Sama reitti ajettiin aikaisemmin myös RST-autolla vertailun vuoksi. Koejärjestely pyrittiin järjestämään siten, että tulokset mahdollistavat luotettavan analyysin.

Tutkimus koostuu kuudesta osaongelmasta. Näitä ovat autojen ulkoinen ja sisäinen luotettavuus, tulosten kalibrointi samalle tasolle, OIKO-ohjelman tulosten vertailu sekä autojen antamien tulosten vertailu muilla mittareilla mitattuihin tarkkoihin arvoihin ja RST-auton tuloksiin. Tutkimuksen päätulokset voidaan tiivistää seuraavasti:

- autojen välillä on suuria eroja maksimiuran ja uraisuuden suhteen. Tasaisuuden (IRI) suhteen eroja ei ole.
- mittausten toistettavuus on tasaisuudella erittäin hyvä ja uraisuudella sekä maksimiuralla hyvä.
- autojen kalibrointi samalle tasolle on mahdollista kaikilla autoilla ja muuttujilla.
- autojen antamat tulokset poikkeavat merkitsevästi Dipstickillä ja profilometrillä mitatuista tuloksista.
- OIKO-ohjelman antamat tulokset ovat keskenään samankaltaisia kaikilla autoilla
- erot RST-auton kanssa ovat samanlaiset kuin edellisessä vertailumittauksessa

Tutkimuksessa saadut tulokset osoittavat, että eri palvelutasomittareiden antamien tulosten tarkkailu esim. säännöllisten vertailumittausten muodossa on välttämätöntä tulosten yhteismitallisuuden varmistamiseksi. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota ohjeistukseen ja kalibrointiin.

ABSTRACT

Finnish National Road Administration (FinnRA) has been utilizing various modern road condition measurement vehicles since 1987. All vehicles are designed to produce comparable results with each other.

The latest test measurements (1989) gave some evidence on rather low reliability and validity of results gained. In addition, several new vehicles and software versions are now in use. These factors have created need for this study. The aim of this study is mainly to compare reliability and validity of Finnish road condition measurement vehicles.

FinnRA is nowadays using four road condition measurement vehicles. With all these vehicles a route of 120 kilometers of paved roads was measured twice for this study. In addition, three sections were inspected for OIKO-program and for absolute values. The same route (in broad scope) was measured by RST in September 1989 for comparison. The design of experiment was done carefully to ensure valid data.

This study consists of six sub-problems. These are reliability, validity, calibration, comparison of OIKO-program, comparison with absolute values and with RST-vehicle. The main results can be recapitulated as follows:

- validity problems occur in rutting and transversal roughness. Validity is OK on longitudinal roughness (IRI).
- reliability is very high on IRI and high on other variables. The level of reliability has improved since 1989 test measurements.
- calibration to same level is statistically possible
- all results differ significantly from absolute values
- OIKO-results are similar on all vehicles
- differences from RST-vehicle are at the same level as during the latest test measurements

The results of this study strongly support the need of repeated test measurements. More effort should be put on training, information and calibration, too.

SAMMANDRAG

Vägstyrelsen har använt olika servicenivåmätare för mätning av vägars tillstånd sedan 1987. Man har strävat till att få resultaten från dessa sinsemellan jämförbara.

Resultaten från den föregående jämförande mätningen antydde att de olika bilarnas mätresultat inte nödvändigtvis var noggranna, ej heller jämförbara sinsemellan. Dessutom används nya servicenivåmätare och nya program (bla. "OIKO" för kvalitetskontroll av ny vägbeläggning). Målsättningen för denna undersökning är att klargöra den yttre och inre tillförlitligheten (reliabilitet och validitet) hos mätresultaten, som de olika servicenivåmätarna ger.

Vägstyrelsen har för tillfället fyra servicenivåmätare i användning. För denna undersökning uppmättes med dessa en rutt bestående av 120 kilometer beläggd väg två gånger samt tre andra avsnitt för undersökning av noggrann mätning och för "OIKO". Samma rutt mättes också tidigare med en RST-bil som jämförelse. Man strävade till att arrangera proven så att resultaten skall kunna analyseras på ett tillförlitligt sätt.

Undersökningen omfattar sex delproblem. Dessa är bilarnas yttre och inre tillförlitlighet, kalibrering av resultaten till samma nivå, jämförelse av resultaten från OIKO-programmet samt jämförelse av resultaten från mätbilarna med på annat sätt uppmätta noggranna värden och med resultaten från RST-bilen. De huvudsakliga resultaten av undersökningen kan sammanfattas på följande sätt:

- Skillnaden mellan bilarna är stor var maximispår djup och spårighet beträffar. Jämnhet (IRI) ger ingen skillnad.
- För jämnhet är noggrannheten mycket god samt för spår djup och maximispår djup god.
- Alla bilar och variabler kan kalibreras till samma nivå
- Avvikelsen mellan resultaten från bilarna och resultaten uppmätta med dipstick och profilometer är signifikant.
- För alla bilar ger OIKO-programmet överensstämmande resultat.
- Avvikelsen i förhållande till RST-bilen är densamma som i föregående jämförelsemätning.

Undersökningen visar att det är nödvändigt att följa upp resultaten från de olika servicenivåmätarna, tex. med regelbunda jämförelsemätningar, för att säkerställa att de är sinsemellan jämförbara. Dessutom bör man fästa uppmärksamhet vid kalibrering och utbildning.

ALKUSANAT

Tielaitoksessa on käytetty erilaisia palvelutasomittareita teiden kunnon mittaamiseen vuodesta 1987 alkaen. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää nykyisin käytössä olevien palvelutasomittareiden antamien tulosten reliabilitteettia ja validiteettiä.

Työ on koostunut kolmesta eri vaiheesta: suunnittelu, mittaus ja tulosten analysointi. Tämä raportti keskittyy tulosten analysointiin ja aiemmista vaiheista kerrotaan vain tarpeen mukaan. Työhön ovat Tiehallituksesta osallistuneet dipl.ins. Pertti Virtala ja ins. Arto Tevajarvi sekä Statistical Computing Oy:stä dosentti, FT Antti Kanto (tilastolliset menetelmät ja analyysit) ja fil.maist. Vesa Männistö (mittausten suunnittelu ja tutkimusraportin kirjoittaminen).

Tutkimuksen tekijät haluavat esittää syvimmat kiitokset kaikille tutkimukseen osallistuneille. Erityistä kiitosta ansaitsevat eri palvelutasomittareiden mittausmiehistöt.

PALVELUTASOMITTAREIDEN

VERTAILUMITTAUKSET 1990

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	1
ABSTRACT	2
SAMMANDRAG	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
<u>1. JOHDANTO JA TUTKIMUSONGELMA</u>	8
<u>2. MITTAUSTEN VALMISTELU JA SUORITUS</u>	9
<u>3. TUTKIMUSAINEISTO</u>	10
<u>4. MITTAUSTEN TOISTETTAVUUS</u>	12
<u>5. AUTOJEN VÄLISET EROT</u>	13
<u>6. TARKAT MITTAUKSET</u>	16
<u>7. OIKO-OHJELMAN TULOKSET</u>	20
<u>8. VERTAILU RST-AUTON KANSSA</u>	21
<u>9. PÄÄTELMÄT</u>	22
<u>LIITE:</u>	

1. JOHDANTO JA TUTKIMUSONGELMA

Päällystettyjen teiden kuntoa mitataan yleisesti ns. palvelutasomittareiden avulla. Tielaitoksen käytössä on tällä hetkellä 4 eri aikoina valmistettua samantyyppistä palvelutasomittaria, jotka perustuvat ultraääni- ja lasertekniikkaan. Autot ovat sijoittuneet eri puolille maata seuraavasti:

Auto H	Hämeen ja Vaasan piiri
Auto T	Turun ja Uudenmaan piiri
Auto K	Tiehallituksen auto, Kainuun piiri
Auto V	VTT:n auto, Espoo.

Kaikki palvelutasomittarit on pyritty rakentamaan ja kalibroimaan siten, että ne mittaisivat yhtä luotettavasti ja samalla asteikolla yhteisesti määritettyjä päällystetyillä teillä käytettyjä kuntomuuttujia. Tämän tutkimuksen kannalta näitä tärkeitä muuttujia ovat:

Maksimiura	mm
Uraisuus	mm/m
IRI (tasaisuus)	mm/m

Edelliseen vertailututkimukseen (kts. Statistical Computing, 1989) osallistui VTT:n omistama auto ja yksi ruotsalaisen RST-Swedenin auto. Tässä tutkimuksessa jo havaittiin, että sekä laitteiden reliabiliteetissa että validiteetissa on eroja. Näiden tulosten pohjalta ja uusien autojen rakentamisen jälkeen on käynyt selväksi, että saatavien tulosten yhteismitallisuus ei ole itsestään selvää vaan sitä pitää tarkkailla mahdollisimman usein vertailumittausten muodossa. Eri palvelutasomittareiden validiteetin ja reliabiliteetin arviointi muodostaa tämänkin tutkimuksen perustan.

Edellisestä vertailumittauksesta poiketen on päällysteiden kuntomittauksiin tullut uusia piirteitä. Uusien päällysteiden laadunvalvonnassa käytettävän OIKO-ohjelman (kts. TVL/Häme, 1990) antamia tuloksia ei ole aikaisemmin verrattu eri autojen välillä. Itse perusongelmat eli autojen sisäinen ja ulkoinen luotettavuus ovat yhä tärkeimmät tekijät. Näiden lisäksi on tarpeellista verrata autoista saatuja tuloksia muilla mittareilla (Dipstick ja profilometri) saatuihin tarkkoihin arvoihin.

Ruotsalaisen RST-Swedenin yhdellä palvelutasomittarilla mitattiin yhdessä Turun piirin mittarin kanssa suunnilleen samanlainen mittausreitti syyskuun 1990 alussa. Näiden tulosten lyhyt analysointi ja vertailu tehdään kappaleessa 9.

Tutkittavat osaongelmat ovat siis seuraavat:

1. autojen sisäinen luotettavuus (reliabiliteetti)
2. autojen välinen luotettavuus (validiteetti)
3. vertailu tarkkoihin mittauksiin
4. OIKO-ohjelman tulosten analysointi
5. vertailu RST:n tulosten kanssa

Osaongelmat 1-5 tutkitaan tämän raportin kappaleissa 4-8. Esityksen toisessa luvussa kerrotaan vertailumittauksiin liittyvistä yleisistä asioista, kolmannessa luvussa esitellään tutkimusaineisto ja viimeisessä luvussa esitetään tuloksista tehtävät johtopäätökset ja tarvittavat jatkotoimenpiteet.

Aineiston tilastollinen käsittely on suoritettu pääasiassa SAS-ohjelmiston avulla. Tilastolliset menetelmät ovat olleet varianssianalyysi ja regressioanalyysi. Testauksessa on käytetty t-testiä, F-testiä ja SNK-testiä (Student-Neumann-Keuls), jossa riskitasoksi on valittu 5 %.

2. MITTAUSTEN VALMISTELU JA SUORITUS

Vertailumittausten käytännön suorituksessa pyrittiin aiempaan tapaan työskentelemään mahdollisimman paljon tuotantomittausten luonteisesti. Tällä järjestelyllä varmistettiin tulosten mahdollisimman suuri yleistettävyyys normaaleja tuotantomittauksia ajatellen.

Mittausten valmistelu sisälsi mittausreitin suunnittelun ja sen tarkistuksen maastossa. Reitin valinnassa pyrittiin huomioimaan seuraavat seikat:

- mittaus suoritetaan yhden päivän aikana
- lähtö tapahtuu VTT:ltä Espoosta
- otoksesta saatava mahdollisimman edustava
- mittausten käytännön suoritus joustava
- liikenteen häiritsevä vaikutus minimoitava
- RST:n ja Turun auton aikaisemmat mittaukset

Kokemusten perusteella tiedettiin, että päivän aikana on mahdollista mitata noin 100-120 kilometrin reitti kahteen kertaan, mikäli siirtoajoa ei ole liikaa. Kun RST:n ja Turun auto olivat mitanneet määrätyn reitin jo aiemmin, ohjasi tämä reitin valintaa jonkin verran. Edellisen mittauksen perusteella oli myös tiedossa, että teiden nykykuntoa ei välttämättä loppuvuodesta tiedetä joten otoksen edustavuudesta ei alunperin ollut varmaa tietoa. Saadut tulokset kuitenkin osoittivat, että reitinvalinnassa onnistuttiin kohtuullisen hyvin.

Taulukossa 2.1 on lopullinen mittausreitti ja tutkittavien muuttujien keskiarvot teittäin. Mittausreitin kartta on liitteessä 1.

Taulukko 2.1. Mittausreitti ja kaikkien autojen tunnusluvut

osoite tie	tieosat	pituus	keskiarvot ja (hajonnat)		
			maks.ura	uraisuus	tasaisuus
118	8-12	23600	15.4 (7.0)	5.1 (2.9)	2.5 (0.8)
53	17-22	30200	11.0 (5.4)	3.9 (2.2)	1.4 (0.4)
186	13-14	11700	9.1 (6.9)	2.2 (1.1)	1.6 (0.6)
51	12-14	17300	9.2 (5.7)	3.5 (2.3)	1.6 (0.4)
11227	1-2	10000	11.5 (8.4)	4.4 (2.7)	5.1 (1.4)
11247	1-3,3-1	30400	-	-	-
yhteensä		123200	11.5 (6.2)	4.0 (2.3)	2.1 (0.7)

Erilaisten ongelmien ja yhteensattumien vuoksi aineisto jäi osittain puutteelliseksi. ATK-ongelmien vuoksi VTT:n ja Kainuun autoilta puuttuu tien 11247 toinen kierros. Puutteellisista ohjeista johtuen Kainuun autolta puuttuvat Soukanväylän (11329) tarkat mittaukset.

Ennen mittauksiin lähtöä mittausmiehistöt (paitsi Häme) kokoontuivat VTT:n tiloissa, jossa heille selvitettiin mittauksen tarkoitus, reitti ja toimintasuunnitelma. Siirtoajon aikana ennen 1. mittausta tarkistettiin autojen trippimittarit Tarvontielle. Hämäläiset olivat kalibroineet trippimittarinsa edellisenä päivänä.

Mittauksen ensimmäinen kierros suoritettiin samaan tahtiin. Tällöin jokaisen tien ja tieosan alut selvitettiin mittaajille erehdysten välttämiseksi. Autojen järjestystä vaihdettiin aina tienumeron vaihtuessa. Ensimmäisen kierroksen aikana suoritettiin myös OIKO-ohjelman mittaukset ja tiellä 51 tapahtuneet tarkat mittaukset. Kainuun auton tekniikassa ilmeni ongelmia OIKO-mittauksen jälkeen eikä sillä voitu enää suorittaa mittauksia saman päivän aikana. Auto vietiin toimittajalle korjattavaksi ja reitti mitattiin sillä uudelleen muuttaman päivän päästä.

Toinen mittauskierros tehtiin vapaassa tahdissa. Kierroksen lopuksi autot kokoontuivat Soukanväylälle (tie 11329) tarkkoja mittauksia varten.

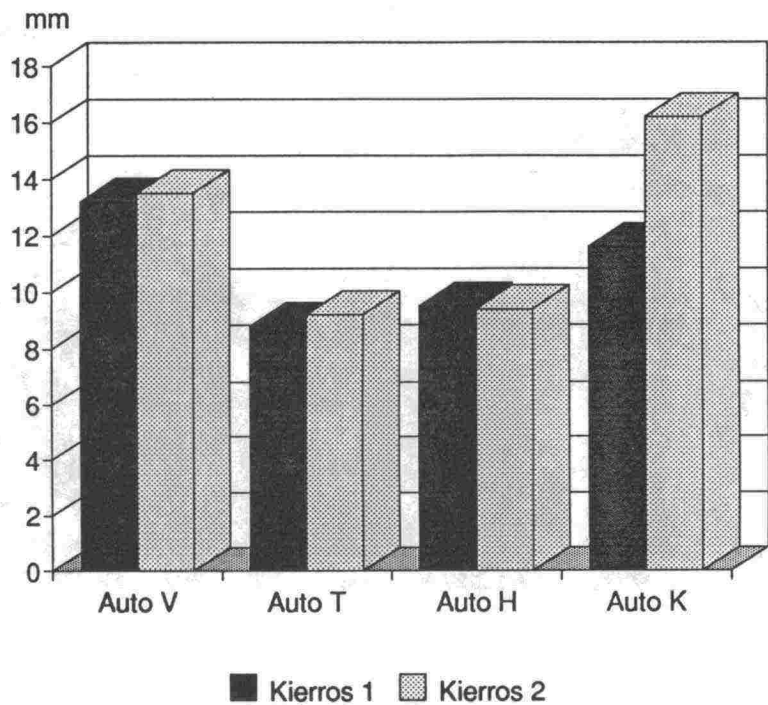
Mittausolosuhteet pysyivät vakiona mittauspäivän ajan. Myöhäisestä lähtöajasta johtuen toisen kierroksen loppu jouduttiin ajamaan pimeän aikana. Viimeisen mitatun tien (11247) tietoja käytettiin analyyseissä vain rajoitetusti (sisäinen luotettavuus) joten tulosten voidaan katsoa olevan sään suhteen vakioita. Kainuun auton toisena mittauspäivänä sää oli myös vakio.

3. TUTKIMUSAINEISTO

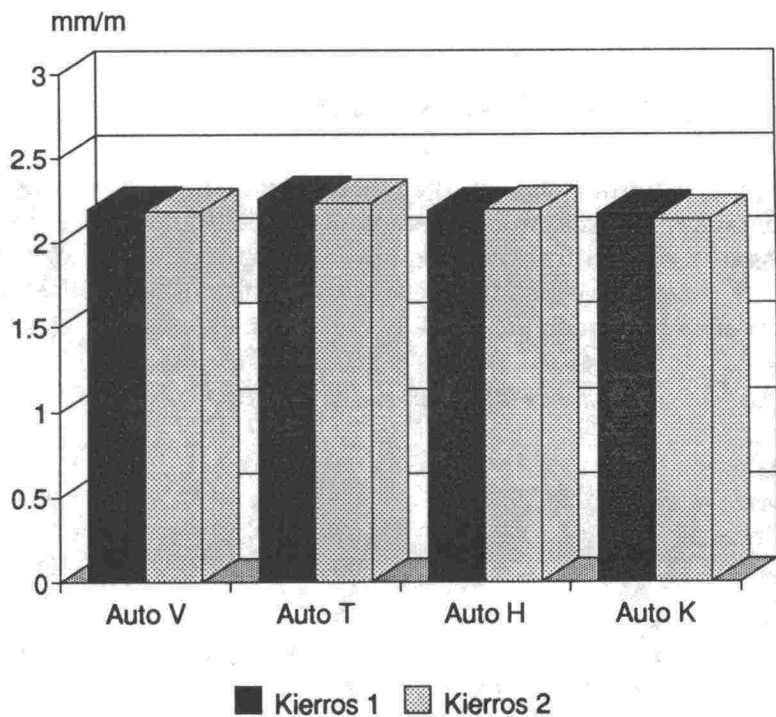
Alkuperäisen mittausaineiston pituus oli 123.2 kilometriä. Mittauksen aikana sovittiin kuitenkin tilanteesta riippuen tieosien normaaleista alku- ja loppupisteistä poikkeavia alku- ja loppukohtia. Muutosten jälkeen aineistoon jäi 100 metrin mittaushavainnot yhteensä 1213 kappaletta. Kun aineistosta poistettiin lisäksi alle 100 metrin havainnot (yleensä tieosan viimeiset) sekä mahdolliset muut virheelliset havainnot (esim. kaikki kuntomuuttajat nolli), saatiin aineistoon lopulta 90.1 kilometriä, joilta oli täydelliset tiedot kummaltakin kierrokselta.

Tutkittavien muuttujien keskiarvot ovat kuvioissa 3.1-3.3.

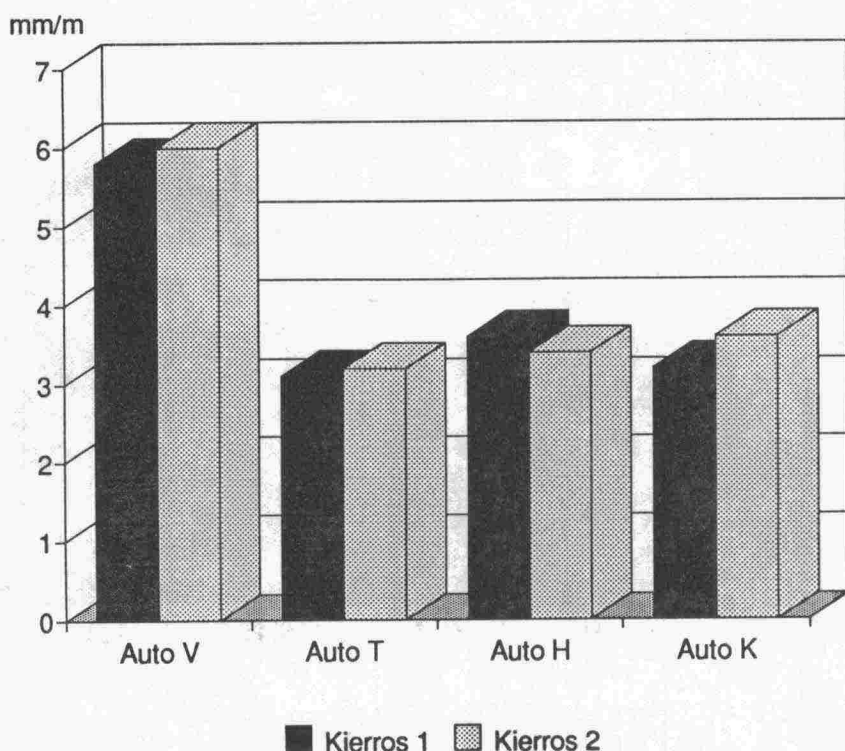
Edellisen vertailumittauksen tapaan epätasaisuuden arvot logaritmoitiin (merk. LIRI). Tällä operaatiolla pyrittiin vähentämään heteroskedastisuutta.



Kuva 3.1 Maksimiuran keskiarvot, havaintoja 901.



Kuva 3.2 Epätasaisuuden keskiarvot, havaintoja 901.



Kuva 3.3 Uraisuuden keskiarvot, havaintoja 901.

4. MITTAUSTEN TOISTETTAVUUS

Onnistuneissa mittauksissa autojen tulisi tuottaa samoilla osuuksilla tapahtuvissa peräkkäisissä mittauksissa samankaltaisia tuloksia. Seuraavissa korrelaatioissa ei ole puututtu autojen kalibroinnista riippuviin tasoeroihin. Taulukossa 4.1 on esitetty kahden peräkkäisen mittauksen väliset korrelaatiot kullakin autolla kolmen tarkasteltavan muuttujan osalta:

Taulukko 4.1: Korrelaatiot mittausten välillä autoittain.

Auto	V	T	H	K
Maksimiura	0.84	0.82	0.87	0.23
Uraisuus	0.92	0.94	0.93	0.29
LIRI	0.94	0.97	0.99	0.68

Taulukosta näkyy selvästi auton K mittausten huono toistettavuus. Tämä johtunee toisaalta autossa K ilmenneistä teknisistä ongelmista ja mittausten välillä vaihtuneesta miehistöstä.

Muut korrelaatiot ovat korkeita, joskaan täydellisyyteen ($r=1$) ei päästä. Tasaisuuden korkeimmat korrelaatiot osoittavat toistettavuuden olevan IRI:n suhteen kunnossa. Uraisuuden ja maksimiuran pienemmät korrelaatiot johtuvat ilmeisimmin ajolinjojen valinnasta. Maksimiura on myös ilmeisen herkkä mittausten lähtöpisteelle, koska jokaiselta 100 metriltä tehdään vain 5 mittaus-ta, vaikuttavat jo yksittäiset poikkeamat maksimiuran arvoon huomattavasti.

Mittausten hajonnat $s(y)$ kullakin mittauskohdalla laskettiin kaavalla

$$s^2(y) = (y_1 - y_2)^2 / 2, \quad (1)$$

jossa $E^2(s(y)) = V(y)$.

Taulukossa 4.2 on esitetty kaavan (1) mukaiset hajonnat kullekin autolle ja kuntomuuttujalle.

Taulukko 4.2: Mittausten hajonnat autoittain

Auto	V	T	H	K
Maksimiura	1.74	1.63	1.39	6.63
Uraisuus	0.55	0.37	0.37	1.29
LIRI	0.08	0.06	0.04	0.23

Jälleen huomataan auton K mittausongelmat. Hajontojen perusteella auton H toistettavuus on autoista paras. Myös ajolinjojen vaikutus tulosten tarkkuuteen saa tukea.

5. AUTOJEN VÄLISET EROT

Autojen välisiä eroja vertailtiin kolmesuuntaisella varianssianalyysillä, jossa tutkittiin auton ja mittauskerran vaikutusta mittautulokseen, kun tieosien erojen vaikutus on eliminoitu. Tieosan vaikutus eliminointiin, koska tieosien erilaisella kunnolla on luonnollisesti suuri vaikutus. Tuloksissa näkyvät keskiarvot poikkeavat hieman alkuperäisen aineiston keskiarvoista erilaisen havaintomäärän takia.

MAKSIMIURA:

Jälkimmäisen kerran keskimääräinen mittautulos 12.48 on merkitsevästi suurempi kuin ensimmäisen kerran 11.16. Tämä saattaa johtua sääolojen pienestä muutoksesta ja auton K toisen mittauskerran poikkeavan suurista arvoista.

Kaikki 4 autoa eroavat merkitsevästi toisistaan. Keskiarvot ovat kuvassa 5.1.

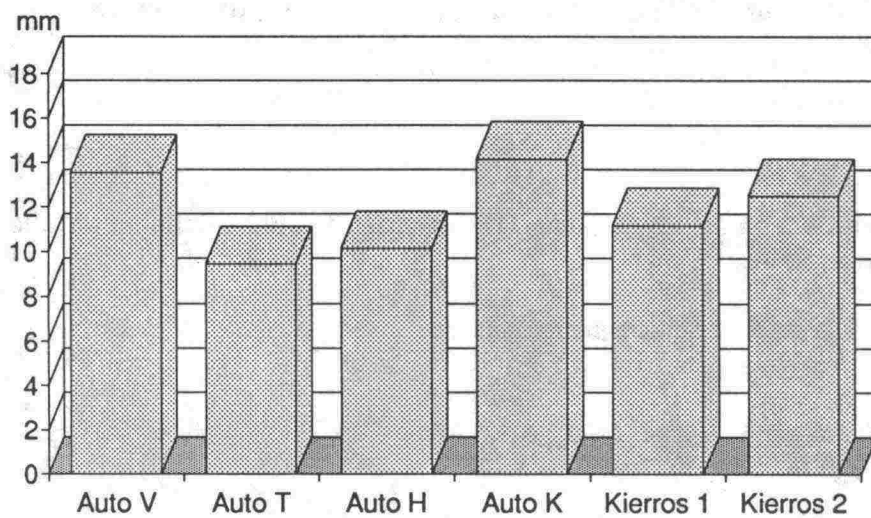
URAIUUUS:

Jälkimmäinen keskimääräinen mittautulos 4.13 on merkitsevästi suurempi kuin ensimmäinen 4.01.

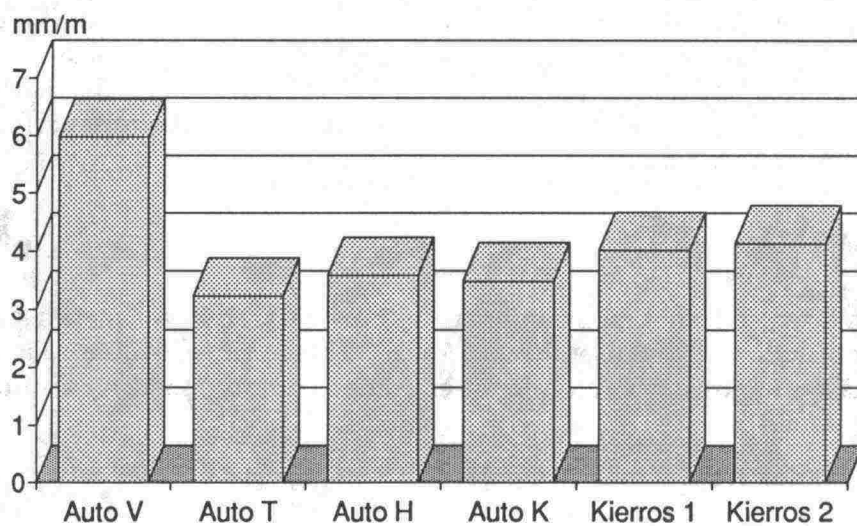
Auton V tulokset ovat keskimääräistä suurempia ja auton T keskimääräistä pienempiä. Autot K ja H eivät eroa toisistaan. Tulokset ovat kuviossa 5.2.

LOGARITMOITU IRI:

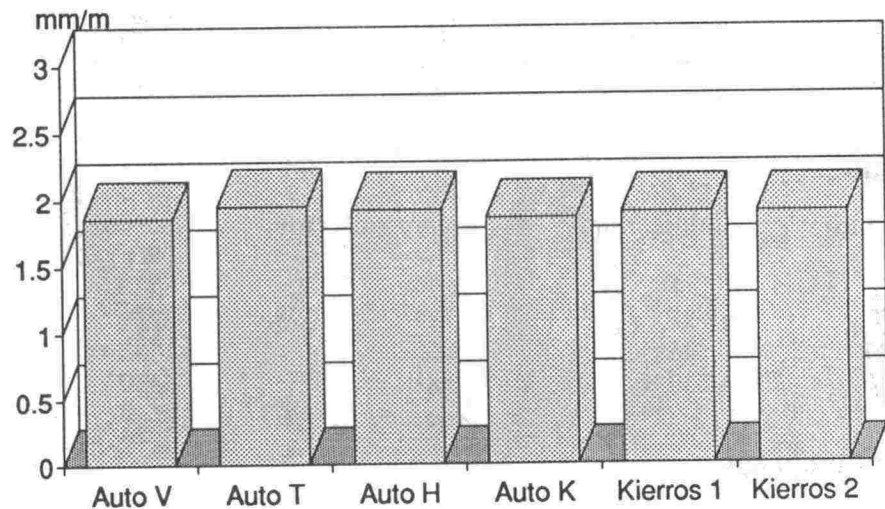
Kertojen ja autojen välillä ei ollut merkitseviä eroja. Tulokset ovat kuviossa 5.3.



Kuva 5.1 Maksimiuran keskiarvot autoittain.



Kuva 5.2 Uraisuuden keskiarvot autoittain.



Kuva 5.3 Epätasaisuuden keskiarvot autoittain.

YHTEENVETO TULOKSISTA:

Tulosten perusteella voidaan todeta, että tasaisuuden mittauksessa ei ole ongelmia. Uraisuuden mittaus on autoa V lukuunottamatta samalla tasolla. Tämä antaa aiheita tarkistaa auton V kalibrointi ja käytössä olevat ohjelma-versiot.

Maksimiuran mittauksissa on selvästi suuria ongelmia, koska autojen keskiarvoissa on kymmenien prosenttien eroja. Erot johtuvat todennäköisesti osaksi ajolinjojen valinnoista ja liian harvoin tapahtuvasta mittauksesta (5/100 m). Ongelma vaatii yhä tarkempaa selvitystä; tällä hetkellä saatavat tulokset ovat varsin epätarkkoja.

Palvelutasomittareiden kalibrointi samalle tasolle:

Mittareiden kalibrointia toistensa suhteen tutkittiin regressioanalyysillä. Tällöin jokaisen auton keskimääräistä mittautulosta pyritään selittämään kaikkien autojen keskiarvolla.

Saaduissa tuloksissa vakiotermin suuruus on osoitus väärästä kalibrointitasosta. I. tarkkojen mittausten ja autojen tulosten välillä on suuri tasoero. Mikäli mittausten erot riippuisivat ainoastaan tasoerosta, tulisi regressioker-toimen olla yksi. Regressioker-toimen pienuus taas osoittaa, että autot reagoi-vat huonosti mitattavan tekijän vaihteluun. Pienet t-arvot osoittavat, että kalibrointi ei ole helppoa.

Maksimiura:

Auto	vakiotermi b0	regressiokerroin b1	t-arvo H0:b1=0
V	10.62	1.25	8.70
T	6.48	1.15	7.75
H	5.95	1.60	10.90
K	12.93	0.45	2.26

T	6.48	1.15	7.75
H	5.95	1.60	10.90
K	12.93	0.45	2.26

Uraisuus:

Auto	vakiotermi b0	regressiokerroin b1	t-arvo H0:b1=0
V	1.34	1.14	80.59
T	-0.77	0.99	89.73
H	-0.46	1.00	100.40
K	-0.10	0.88	56.77

Logaritmoitu IRI:

Auto	vakiotermi b0	regressiokerroin b1	t-arvo H0:b1=0
V	-0.22	1.10	84.02
T	0.11	1.02	116.29
H	0.04	0.98	92.35
K	0.18	1.10	77.04

Tuloksista nähdään, että tasaisuuden ja uraisuuden suhteen ei ole suuria ongelmia; kertoimet b1 ovat lähellä ykköstä ja testisuuret korkeita. Maksimiuran tapauksessa suuret vakiotermit ja pienemmät testisuureet kertovat selvästi kalibrointiongelmista.

6. TARKAT MITTAUKSET

Autojen antamia tuloksia verrattiin kahdella osuudella Dipstickin (epätasaisuus) ja profilometrin (urat) antamiin tuloksiin. Osuudet olivat

-tie 53 uusi päällyste

-tie 11329 vanha ja kulunut päällyste.

VTT:n mittaamien osuuksien pituudet olivat profilometrimittauksissa 500 metriä ja Dipstick-mittauksissa 300 metriä. Profilometrillä verrattiin keski-, reuna- ja maksimiuraa ja Dipstickillä IRIä. Keski- ja reunaurasta otettiin tarkasteluun keskiarvot ja maksimiurasta mittausten maksimiarvo. IRI logaritmoitiin ennen analyysijä. T-testin avulla testattiin kunkin auton keskiarvon mittausten keskiarvon poikkeamista Dipstickillä ja profilometrillä mitatuista tarkoista arvoista.

Soukanväylän osalta puuttuvat auton K mittaustulokset.

TIE 53

Taulukko 6.1: Tie 53, tarkat mittaukset.

auto	V	T	H	K	Tarkka
Maks.ura	10.51	7.55	9.01	8.85	6.40
hajonta	1.35	0.95	1.01	0.89	
t-arvo	10.11	0.62	6.75	6.50	

Keski	8.51	6.60	8.13	8.19	6.40
hajonta	0.93	0.85	0.90	0.76	
t-arvo	17.24	1.70	11.99	13.57	
(IRI)	1.01	1.03	1.04	1.00	(1.43)
LIRI	0.014	0.026	0.039	-0.002	0.36
hajonta	0.101	0.049	0.058	0.043	
t-arvo	-16.99	-16.7	-21.9	-17.5	

Mittattu osuus on suhteellisen uutta ja hyväkuntoista päällystettä. Taulukon 6.1 perusteella nähdään, että vaihtelua on paljon. Auto V antaa muita suurempia arvoja ja auto T muita pienempiä arvoja lukuunottamatta reuna-auraa, jossa autojen H ja V tulokset ovat samankaltaisia. Hajontojen suuruusluokka on pääosin sama kaikilla autoilla ja muuttujilla.

Taulukon 6.1 perusteella nähdään, että kaikki autot eroavat huomattavasti tarkoista mittauksista. Kuitenkin voidaan todeta, että auto T on reuna-auraa lukuunottamatta varsin lähellä tarkkoja arvoja.

Mittausten kalibrointia tutkittiin regressioanalyysillä, jossa kunkin auton mittaustulosta selitettiin tarkalla arvolla. Tulokset ovat seuraavat:

Maksimiura:

Auto	vakiotermi b0	regressiokerroin b1	t-arvo H0:b1=0
V	9.03	0.20	1.04
T	5.53	0.27	2.13
H	6.78	0.30	2.23
K	6.69	0.29	2.50

Vakiotermien suuruus on nytkin osoitus väärästä kalibrointitasosta. Mikäli mittausten erot riippuisivat ainoastaan tasoerosta, tulisi regressiokertoimen olla yksi. Regressiokertoimen pienuus osoittaa, että autot reagoivat huonosti maksimiuran vaihteluun. Pienet t-arvot osoittavat, että kalibrointi ei ole helppoa.

Auto V antaa merkitsevästi muita suurempia arvoja ja auto T pienempiä arvoja (taulukko 6.1). Tämä ilmiö oli nähtävissä jo kappaleen 5 tuloksista.

Keskiura:

Auto	vakiotermi b0	regressiokerroin b1	t-arvo H0:b1=0
V	3.49	0.79	5.12
T	3.07	0.55	3.34
H	4.29	0.61	3.48
K	4.91	0.52	3.53

Tässäkin tapauksessa kalibrointitaso on liian suuri. Autojen reagointi keskiuraan on selvästi parempi kuin maksimiuraan, joskaan ei tyydyttävä.

Maksimiuran tapaan auto V antaa merkitsevästi muita suurempia arvoja ja auto T pienempiä arvoja.

Reunaura:

Auto	vakiotermi b0	regressiokerroin b1	t-arvo H0:b1=0
V	3.21	0.58	1.60
T	0.67	0.46	2.07
H	4.90	-0.28	-0.71
K	0.68	0.67	2.80

Auto T antaa merkitsevästi pienimmät arvot ja auto K toiseksi pienimmät arvot. Autot V ja H antavat muita huomattavasti suurempia arvoja. Auto K menee tarkkojen arvojen kanssa lähes kohdalleen mutta muut vaihtelevat suuntaan ja toiseen. Myös kalibrointiyhtälöt ovat vaihtelevia.

Logaritmoitu tasaisuus:

Auto	vakiotermi b0	regressiokerroin b1	t-arvo H0:b1=0
V	0.23	0.53	2.12
T	0.93	0.07	0.71
H	0.55	0.34	3.26
K	0.99	0.01	0.06

Autojen tulokset eivät eroa toisistaan mutta ovat varsin paljon pienempiä kuin Dipstick-mittausten arvot. Autojen "yhteismitallisuus" antanee aiheutta miettiä syvemmin tarkan arvon määrittelyä. Myöskään kalibrointi ei onnistu.

TIE 11329 (SOUKANVÄYLÄ):

Taulukossa 6.2 on esitetty vastaavat tulokset Soukanväylän osalta; tie on urautunut ja epätasainen.

Taulukko 6.2. Tie 11329, tarkat mittaukset:

Auto	V	T	H	K	Tarkka
Max	26.34	22.39	24.04	-	24.30
hajonta	3.90	3.16	2.89	-	
t-arvo	2.84	-3.39	-0.55	-	
Reuna	18.89	18.40	17.38	-	19.13
hajonta	4.91	3.72	5.28	-	
t-arvo	-0.38	-1.55	-2.83	-	
Keski	14.53	16.39	20.49	-	20.68
hajonta	4.67	4.65	2.33	-	
t-arvo	-5.15	-4.71	-0.55	-	
(IRI)	4.26	4.10	4.31	-	3.80
LIRI	1.45	1.41	1.46	-	1.34
hajonta	0.31	0.24	0.25	-	
t-arvo	0.55	2.04	1.34	-	

Reunauran suhteen tulokset ovat samankaltaiset ja melko tarkat. Maksimi- ja keskiuran suhteen autot eroavat toisistaan merkitsevästi. Tasaisuuden suhteen autot antavat samanlaisia ja lähellä tarkkoja arvoja olevia tuloksia.

Palvelutasomittareiden kalibrointi tarkkoihin arvoihin:

Mittausten kalibrointia tarkkoihin arvoihin tutkittiin regressioanalyysillä samaan tapaan kuin tien 53 tapauksessa. Tulokset ovat seuraavat:

Maksimiura:

Auto	vakiotermi regressiokerroint-arvo		H0:b1=0
	b0	b1	
V	15.74	0.44	1.04
T	8.40	0.58	1.75
H	5.01	0.78	2.79
K	-	-	-

Vakiotermi osoittaa jälleen väärää kalibrointitasoa. Regressiokertoimet ovat suurempia kuin tiellä 53 eli autot reagoivat syvemmän uran tapauksessa paremmin maksimiuran vaihteluun.

Keskiura:

Auto	vakiotermi regressiokerroin		t-arvo H0:b1=0
	b0	b1	
V	22.10	-0.37	-1.50
T	8.76	0.37	1.52
H	8.28	0.59	9.95
K	-	-	-

Tulokset keskiuran suhteen ovat varsin huonot. Autot eroavat toisistaan ja tarkasta arvosta huomattavasti. Auton V tulokset ovat todella huonot.

Reunaura:

Auto	vakiotermi regressiokerroin		t-arvo H0:b1=0
	b0	b1	
V	-5.60	1.28	5.69
T	-0.02	0.96	5.58
H	-12.23	1.55	7.67
K	-	-	-

Auton T tulokset vastaavat erinomaisesti tarkkoja mittauksia. Autot V ja H antavat keskimäärin liian alhaisia arvoja ja reagoivat muutoksiin liikaa.

Logaritmoitu tasaisuus:

Auto	vakiotermi regressiokerroin		t-arvo H0:b1=0
	b0	b1	
V	4.00	0.29	0.51
T	2.71	0.20	2.22
H	2.52	0.29	5.61
K	-	-	-

Tasaisuuden suhteen autot antavat jälleen samanlaisia, joskin Dipstick-mittauksista poikkeavia tuloksia.

Mittaustulosten kalibrointi tarkkoihin arvoihin, yhteenveto:

Tulokset osoittavat, että kalibroinnissa on suuria ongelmia, etenkin hyväkuntoisilla teillä. Hieman heikkokuntoisemmalla tiellä (kuten Soukanväylällä), jossa vaihtelu on suurempaa, kalibrointiongelmien ratkaisemista on helpommin ratkaistavissa. Näin ollen on tarpeellista suorittaa lisätutkimuksia tarkkojen arvojen vertailua varten.

Kalibrointia parantamalla voidaan autojen vertailtavuutta lisätä huomattavasti. Koska ongelma on huomattava, on järkevää aluksi määritellä "tarkat" arvot nykyistä huolellisemmin. Kalibrointia tulisi myös suorittaa useammin sekä yhdessä että erikseen.

7. OIKO-OHJELMAN TULOKSET

OIKO-ohjelma on tarkoitettu uusien päällysteiden tasaisuuden laadunvalvontamittauksiin. Tämän ohjelman toimivuuden varmistamiseksi mitattiin kullakin autolla noin 7300 metrin reitti tiellä 53 kolmeen kertaan. Laadultaan tie on uudehkoa kestopäällystettyä.

OIKO-ohjelma mittaa tieltä useita muuttujia. Käytännössä uusien päällystysten laatu arvioidaan pääasiassa muutaman muuttujan suhteen. Autojen tarkempi vertailu suoritetaan tässä vain näiden muuttujien suhteen, joita ovat poikkeamaindeksi (PI), tasaisuuden (IRI) ja lyhyiden aallonpituuksien tasaisuuden (IRI4) suhteen. Tarkastelun kohteeksi otettiin aluksi kustakin muuttujasta mediaani (1. keskimäinen kolmesta havainnosta). Näin pyrittiin välttämään yksittäisen poikkeavan havainnon vaikutus tuloksiin.

Saadut tulokset ovat taulukossa 7.1.

Taulukko 7.1: Mediaanien keskiarvot autoittain, $n=72 \times 4$

Auto	V	T	H	K	kaikki
PI	0.38	0.34	0.42	0.33	0.37
IRI4	0.73	0.71	0.70	0.72	0.72
IRI	1.37	1.41	1.41	1.35	1.39

Autojen antamat tulokset eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi minkään muuttujan suhteen.

Mittausten toistettavuutta tutkittiin lisäksi kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Saadut tulokset osoittivat, että toistettavuudessa ei ollut ongelmia millään autolla; kokonaismallin F-testisuureet olivat lähellä nollaa (riskitasot 94-99%).

OIKO-ohjelmasta voidaan siis todeta, että autot antavat samanlaisia tuloksia. Jatkossa on kuitenkin tarpeellista vielä tarkistaa saatujen tulosten ja tarkkojen arvojen vastaavuus.

8. VERTAILU RST-AUTON KANSSA

Turun piirin autolla ja RST-autolla mitattiin pääpiirteissään sama mittausreitti syyskuun alussa kahteen (RST kolmeen) kertaan. Reitin kokonaispituus oli 93 kilometriä. Olosuhteiden muuttumisen, teiden kunnon muuttumisen ja erilaisten alkupisteiden takia ei täydellistä vertailua muun mittausaineiston kanssa voida tehdä. Tämän takia suoritetaan vain lyhyt keskiarvoihin perustuva vertailu teittäin. Tulokset ovat taulukoissa 8.1 ja 8.2.

Taulukko 8.1. Maksimiuran vertailu RST/Turku

Tie	kierros	51	53	118	186
RST	1	8.5	8.1	14.5	4.4
RST	2	8.4	7.8	14.5	4.2
RST	3	8.4	7.8	14.3	4.0
Turku	1	6.8	6.1	-	4.5
Turku	2	6.9	6.7	11.8	4.5
Turku	vert.	6.8	7.7	12.3	5.1

Taulukko 8.2. Epätasaisuuden vertailu RST/Turku

Tie	kierros	51	53	118	186
RST	1	1.46	1.28	2.26	1.24
RST	2	1.47	1.27	2.29	1.24
RST	3	1.47	1.28	2.27	1.23
Turku	1	1.87	1.28	-	1.74
Turku	2	1.82	1.50	2.67	1.68
Turku	vert.	1.76	1.40	2.65	1.55

Urien suhteen on selvästi havaittavissa jo edelliselläkin kerralla ilmennyt tasoero, joka johtuu suurimmaksi osaksi autojen erilaisista mittaustavoista (lanka- ja lautaperiaate). Hyvällä tiellä eroa ei juuri ole mutta jo noin 10 mm:n tasolla eroa on pari millimetriä. Toistettavuudessa ei ole suurta eroa, joskin RST:n toistettavuus on todella hyvä (r noin 0.99).

Epätasaisuudessa voidaan havaita, että RST:n tulokset ovat noin 20 prosenttia Turun tuloksia pienemmät. Samansuuruinen ero havaittiin jo edellisessä vertailumittauksessa.

Tuloksista voidaan todeta, että erot RST:n ja suomalaisten laitteiden välillä ovat pysyneet ennallaan edellisiin vertailuihin nähden.

9. PÄÄTELMÄT

Tässä raportissa kuvattu vertailumittaustapahtuma on ollut toinen laatuaan Suomessa. Tällä kertaa tutkittavia asioita on ollut enemmän ja aikaisempien kokemusten avulla järjestelyt ovat sujuneet paremmin, joskin ohjeistus tulisi olla vieläkin tarkempaa. Kainuun auton rikkoutuminen ensimmäisellä mittauskierroksella vaikeutti ao. tulosten arviointia.

Tutkimuksessa tehtyjen tilastollisten analyysien perusteella voidaan tehdä seuraavia päätelmiä:

SISÄINEN LUOTETTAVUUS:

Kainuun piirin autossa ilmeni teknisiä ongelmia, jotka vaikuttivat autosta saatavien tulosten luotettavuuteen. Tähän saattoi osaltaan vaikuttaa myös uusi mittausmiehistö. Muilla autoilla tasaisuusmittausten toistettavuus oli erittäin hyvä ja muillakin muuttujilla hyvä. Korkean toistettavuuden ylläpitäminen vaatii lähinnä tarkkaa mittaustyötä. Myös useamman mittauspisteen rekisteröinti jokaisella sadalla metrillä parantaisi tuloksia.

PALVELUTASOMITTAREIDEN VÄLISET EROT:

Tasaisuuden suhteen autot antavat erittäin hyvin samoja tuloksia. Maksimiurassa ja uraisuudessa on merkittävän suuria tasoeroja kaikkien autojen välillä. Mittaukset voidaan kyllä kalibroida suhteellisen hyvin samalle tasolle, mutta kaikki tekniset eroavaisuudet tulee selvittää perinpohjin.

TARKAT ARVOT:

Kaikkien autojen antamat tulokset eroavat merkittävästi tarkoista arvoista. Kalibroituavuus ei ole kovinkaan hyvä, joten tätä ongelmaa on suositeltavaa tutkia tarkemmin.

OIKO-OHJELMA:

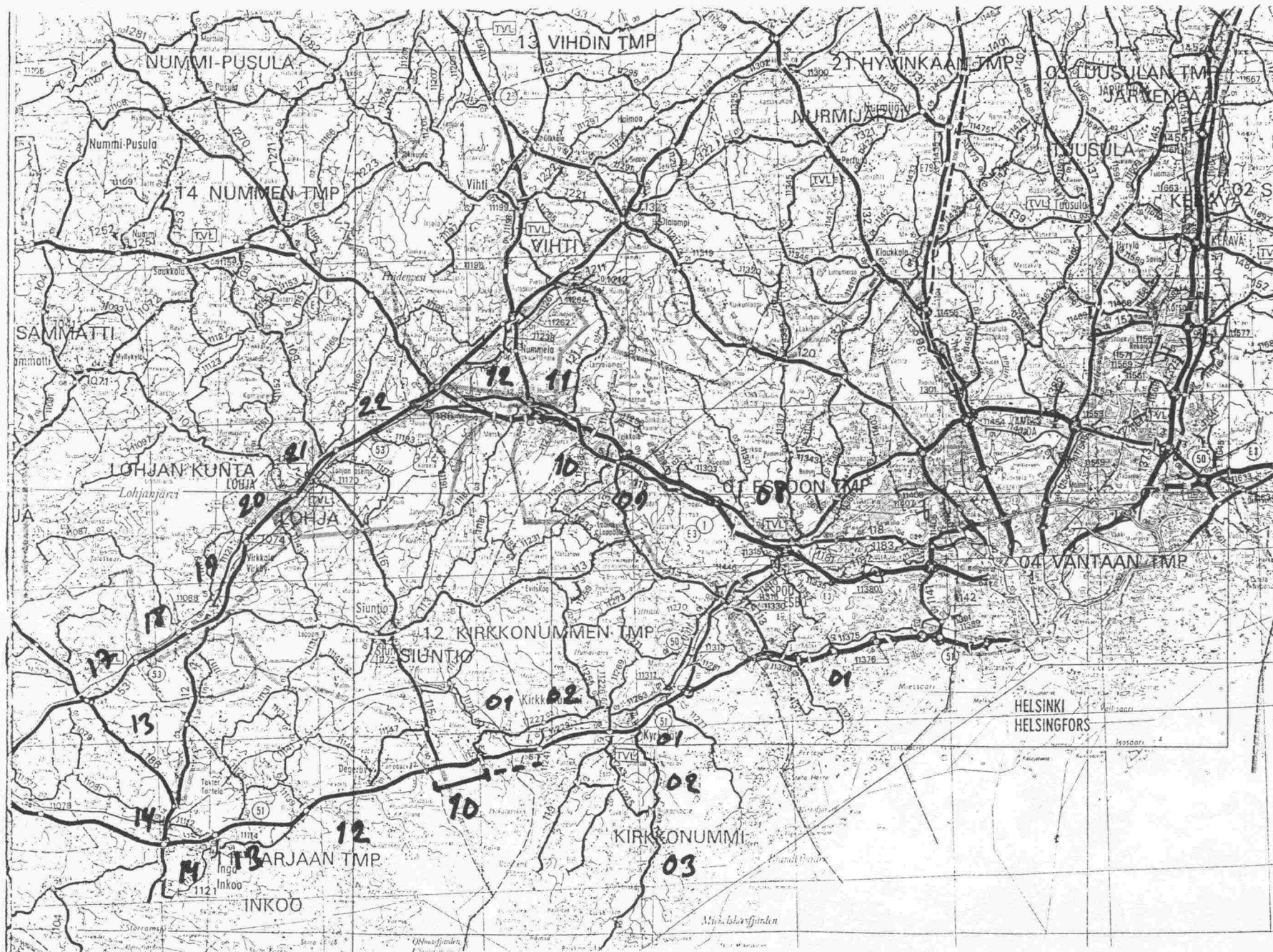
Autojen välillä ei ollut eroja. Vertailu tarkkoihin arvoihin olisi myös tarpeellista.

VERTAILU RST:N TULOSTEN KANSSA:

Vertailua haittaavat eri päivinä ja eri reiteillä tehdyt mittaukset. Tulokset näyttävät eroja, jotka todennäköisesti johtuvat erilaisesta tekniikasta. Samansuuntaiset erot olivat nähtävissä jo edellisessä vertailumittauksessa

Tulokset osoittavat kokonaisuudessaan, että vertailumittauksia tulisi suorittaa säännöllisesti. Positiivisina tuloksina voidaan pitää tasaisuuden mittauksen ja OIKO-ohjelman tulosten luotettavuutta. Negatiivisina puolina ovat aivan liian suuret erot autojen välillä ja suuret erot tarkkoihin arvoihin. Toistettavuuden parantaminen entisestään lienee mahdollista yhdenmukais-tetuilla mittausohjeilla, koulutuksella ja tiiviimmällä yhteistyöllä. Myös nopeampi palaute tehtyjen mittauksen laadusta olisi tarpeellista.

LIITE 1. MITTAUSREITIN KARTTA



TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 1/1990 Liikenneonnettomuuksien aikasarjaennuste vuodelle 1990. TIEL 741863
- 2/1990 Liuskapystöjaketentien toiminnasta. TIEL 703344
- 3/1990 Tiepenkereen holvautuminen : teoreettinen osa. TIEL 703343
- 4/1990 Bitumistabilointi : käytännön ohjeita, mitoitus. TIEL 703899
- 5/1990 Sorateiden ylläpidon ohjaus : stokastisen mallin soveltamisesta sorateiden kunnonmittauksiin ja toimenpidesuunnitteluun.
- 6/1990 Rengasmelu ja päällysteet. TIEL 703616
- 7/1990 Talvihoidon laadunseurantajärjestelmän kehittäminen. TIEL 703985
- 8/1990 Tiehankkeiden hyvinvointivaikutusten arviointi. TIEL 703618
- 9/1990 Tienkäyttäjän informoinnin kehittämismahdollisuuksien tarkastelu. TIEL 703987
- 10/1990 Tunneliteiden liikenneteknisen mitoituksen perusteita. TIEL 703620
- 1/1991 Satelliitteihin perustuvasta paikannusjärjestelmästä. TIEL 703780
- 2/1991 Autokanta ja liikenne OECD-maissa. TIEL 3200002
- 3/1991 Tiesalaojen toimivuus ja kunnossapito. TIEL 3200003
- 4/1991 Suolauksen vaikutukset tienvarsikasvillisuuteen. TIEL 3200004
- 5/1991 Reunapaalujen vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikenneonnettomuuksiin. TIEL 3200005
- 6/1991 Yleiskaavoituksen ja tien yleissuunnittelun kytkeä. TIEL 3200006
- 7/1991 Teiden esisuunnitelu Pohjoismaissa. TIEL 3200007